

7. Голованов, И. Н. Формализация выбора оборудования для малых ГЭС с оптимальными характеристиками [Текст] / И. Н. Голованов // Відновлювальна енергетика. — 2006. — № 1. — С. 66–70.
8. Барков, К. В. Анализ и методика оценки параметров малых ГЭС [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.08 / К. В. Барков; ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет». — СПб., 2008. — 21 с.
9. Тарасов, А. В. Обоснование оптимальных параметров гидроагрегатов малых ГЭС [Текст] / А. В. Тарасов, Г. И. Топаж // Гидротехническое строительство. — 2010. — № 1. — С. 27–31.
10. Пупасов-Максимов, А. М. Задача оптимизации местоположения и структуры малой ГЭС на стадии обоснования инвестиций [Электронный ресурс] / А. М. Пупасов-Максимов, А. В. Орлов, А. В. Федосеев // Интернет-журнал «Науковедение». — 2013. — № 5 (18). — Режим доступа: \www/URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/67tvn513.pdf>. — 20.09.2015.
11. Бабич, М. І. Аналіз чинників ефективності проекту енергозабезпечення сільськогосподарських об'єктів за рахунок використання гідроенергії малих річок Карпат [Текст] / М. І. Бабич // Motorization and power industry in agriculture. MOTROL. — 2008. — Т. 10В. — С. 91–95.
12. Альтшуль, А. Д. Гидравлические потери на трение в водоводах электростанций [Текст] / А. Д. Альтшуль, Ю. А. Войтинская, В. В. Казеннов, Э. Н. Полякова. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 104 с.
13. Ковалев, Н. Н. Справочник конструктора гидротурбин [Текст] / Л. Я. Бронштейн, А. Н. Герман, В. Е. Гольдин и др.; под общ. ред. Н. Н. Ковалева. — М.: Машиностроение, 1971. — 304 с.

#### ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЛЫХ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В статье обоснована целесообразность использования малых деривационных гидроэлектростанций на малых реках Карпатского региона и раскрыты особенности их работы. Обоснованы системные функциональные показатели работы деривационных гидроэлектростанций в системе «река — МГЭС». Обоснованы критерии оптимизации показателей деривационной гидроэлектростанции для конкретного участка реки.

**Ключевые слова:** деривационные гидроэлектростанции, реки, система, гидротурбина, мощность, напор, расход воды.

*Бабич Михайло Іванович, кандидат технічних наук, в. о. доцента, кафедра енергетики, Львівський національний аграрний університет, Дубляни, Львівська обл., Україна, e-mail: m.babych@ukr.net.*

*Бабич Михаил Иванович, кандидат технических наук, и. о. доцента, кафедра энергетики, Львовский национальный аграрный университет, Дубляны, Львовская обл., Украина.*

*Babych Mykhailo, Lviv National Agrarian University, Dublyany, Lviv region, Ukraine, e-mail: m.babych@ukr.net*

УДК 621.371:621.311.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.56641

**Дорошенко О. І.,  
Песков С. А.,  
Сергати́й А. М.,  
Борисенко С. О.**

## ВИЗНАЧЕННЯ РОЗДРІБНОЇ ЦІНИ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ

*Спираючись на фізику нормального режиму електропередачі, у статті пропонується новий, науково обґрунтований, підхід до визначення роздрібно́ї ціни на електроенергію для промислових і дорівнених, до них споживачів, за якого враховується вплив реактивного навантаження конкретного споживача електроенергії на економіку процесу передавання йому електроенергії.*

**Ключові слова:** електроенергія, електропостачання, активна потужність, реактивна потужність, повна потужність, ціна на електроенергію.

### 1. Вступ

Незважаючи на велику кількість позитивних рис ринкової економіки, вона не в змозі автоматично регулювати геть усі економічні і соціальні процеси в інтересах усього людського загалу і кожного його громадянина. Вона не може забезпечити соціально справедливого розподілу національного доходу, не гарантує право на труд, не націлює на захист оточуючого середовища і не підтримує незахищені верстви населення.

Приватний бізнес не переймається вкладенням капіталу у такі галузі господарства і проекти, які не забезпечують достатньо високого прибутку, але для людського загалу і держави вони можуть бути дуже важливими.

Тому прерогативою держави є забезпечення належного правопорядку та національної безпеки, що, у свою

чергу, складає основу для розвитку підприємництва та економіки держави. Про все це повинна піклуватись держава і впливати на ринкову економіку за допомогою певних економічних важелів. Одним з таких важелів є ціноутворення.

Використовуючи цінову політику, держава впливає на попит-пропозицію, перерозподіл доходів і ресурсів, а також на антимонопольні, антиінфляційні та інші негативні процеси у бажаному для держави напрямку.

На частину найважливіших товарів і послуг першої необхідності ціни і тарифи регулюються державою. Незважаючи на те, що їх частка складає лише 10–15 % від загальної товарної маси, це має велике значення, перш за все для підтримки мінімального прожиткового рівня. Ціни регулюються державою також і на продукцію підприємств-монополістів, у тому числі підприємств електроенергетики.

В [1] ціна характеризується наступним чином: «...Цена – это сумма денег, за которую покупатель готов купить товар, а производитель – продать...».

При цьому ціна на товарну продукцію складається за алгоритмом табл. 1, де наведено різновид можливих цін на електроенергію, як на товарну продукцію електроенергетики, що виготовляється промисловим способом (у великих обсягах і, помірковано, не дорого).

Таблиця 1

Склад роздрібною ціни на промислову продукцію

| Собівартість продукції      | Прибуток підприємства | Акциз (по підакцизним товарам) | Налог на добавлену вартість | Націнка посередника | Торгові націнки |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|
| Відпускна ціна підприємства |                       |                                |                             |                     |                 |
| Оптова ринкова ціна         |                       |                                |                             |                     |                 |
| Роздрібна ціна              |                       |                                |                             |                     |                 |

## 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Очевидно, що електрична енергія, порівняно до інших видів товарної продукції має ряд відмінностей. Серед них є таке – її продають на енергоринку у двох видах, окремо: як активну електроенергію та реактивну електроенергію.

Але, як відомо з [2–5], реактивна енергія, фізично, не може бути продукцією електроенергетичної системи (ЕЕС). Тому продавати її споживачам і нараховувати плату за методикою [6], що має місце у сьогоднішній, юридично і етично не можливо. Але реактивне навантаження споживачів зприничає збиток в електричних мережах (ЕМ) електропостачальних організацій (ЕО): збільшує активні втрати в таких мережах, зменшує їх пропускну спроможність в режимі максимального навантаження та суттєво впливає на рівні напруги джерела живлення, особливо, в режимі максимального навантаження. Тому плата споживачів за власне реактивне навантаження необхідно розглядати, як плату посередникам за системні послуги [7].

На жаль, ринок системних послуг в електроенергетиці України тільки створюється, а чинна методика визначення плати споживачів за «реактивну електроенергію» (яка, до речі, не є товаром) потребує докорінного перероблення, то очевидно, що на часі є актуальною необхідність розроблення такої методики визначення плати за реактивне навантаження споживачів, яка доступна їх розумінню і фізично та економічно обґрунтована [8].

Як було показано в [9], напругу ЕМ електроенергетичних систем можна вважати потенційною формою електроенергії, усі показники якості якої визначаються на державному рівні за допомогою [10].

Сучасні ЕЕС є великими, за розмірами і потужністю та складними за технологією їх процесів. Безумовно, це системи кібернетичного типу з усіма специфічними властивостями, не врахування яких суттєво впливає на стратегію їх розвитку і функціонування [11]: «...Недоучет возможностей и особенностей электроэнергетики как большой системы приводит к ошибочным суждениям и серьезным просчетам...».

За визначенням [7]: «...Системность, как необходимое качество методических документов, предполагает

внутреннее понятие технологичности положений, когда обеспечивается документальная достоверность информационного поля, когда имеется юридически-правовая возможность управляющих воздействий, когда существует аппарат контроля реализации решений и, наконец, функционирует профессионально подготовленный персонал, для которого исключена (минимизирована) возможность «субъективного фактора»...».

Спеціальної офіційної методики визначення директивного реактивного навантаження споживачів, що є доступною для їх розуміння, не існує. Вважається, що системність такого розрахунку забезпечується застосуванням у нормативному документі [6] поняття про економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), який визначається ЕО за методикою, що є затвердженою Національним Комітетом з питань регулювання енергетики (НКРЕ). Але, як було показано у роботах [12–14], ЕЕРП є чисто математичним поняттям, яке не має фізичної суті і не може бути еталоном потужності реактивного навантаження споживачів.

## 3. Об'єкт, мета і задачі дослідження

*Об'єкт дослідження* – електроенергетична система (ЕЕС), як сукупність електроустановок, в якій виробляється, передається, розподіляється та споживається (перетворюється у інші види енергії) електрична енергія.

*Мета дослідження* – розроблення методики визначення ціни на електричну енергію, як на товарну продукцію, вироблену промисловим способом, що спирається на фізику технології процесу електропередавання і враховує вплив на економічні показники ЕЕС реактивного навантаження системи електропостачання (СЕП) конкретних споживачів.

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити методики визначення впливу реактивного навантаження СЕП конкретного споживача електроенергії:

1. На рівень напруги електропередачі.
2. На величину активних втрат електропередачі.
3. На пропускну спроможність електропередачі.
4. Розробити алгоритм визначення роздрібною ціни на електроенергію, спожиту в СЕП конкретного її споживача, яка узагальнює усі три методики.

## 4. Результати дослідження впливу реактивного навантаження СЕП на економічність електропередачі

Для здійснення системного розрахунку реактивного навантаження СЕП конкретних споживачів ЕЕ в [12] рекомендується застосування кібернетичного підходу, сутність якого полягає у наступному: «...«ход вверх» для построения модели верхнего уровня, операций с этой моделью и «ход вниз» по уровням иерархии для определения интересующих исследователя внутренних переменных...».

Практично, в ринкових умовах, які діють у сучасній електроенергетиці, системний розрахунок означає, що запит споживачів у обсягах їх електроспоживання необхідно чітко узгоджувати з можливостями ЕО, електричні мережі яких в [10] розглядаються як СЕП загального призначення. При цьому, вихідними параметрами для системного розрахунку реактивного навантаження споживачів, безумовно, є їх розрахункове активне навантаження,

визначене за умови його додержання у певних договірних межах (між ЕО і споживачами).

Електроенергетичні розрахунки показують, що з точки зору реактивної ЕЕ, електроенергетику, як електроенергетичну систему, необхідно розглядати, починаючи з номінальної напруги її ЕМ 110 кВ та більше. У нормальних режимах таких ЕМ їх власна ємнісна реактивна потужність переважає над власною реактивною потужністю індуктивного характеру. Тому, регулюючи реактивне навантаження конкретних споживачів за рахунок його компенсації, можна забезпечити таким мережам і ЕЕС, у цілому, нормальні експлуатаційні режими.

Але, як відомо, діюча нині методика [11] нарахування плати (офіційно, за споживання реактивної електроенергії, а не офіційно, за збиток, який воно спричиняє в електричних мережах ЕО) не дає змоги встановити реальну ціну на електричну енергію, яка (як продукція ЕЕС є роботою, що виконують її генератори для створення напруги на своїх затискачах) продається споживачам на прилавку Енергоринку України (мережі з номінальною напругою 110 кВ) і постачається до їх СЕП за допомогою електричних мереж ЕО за певними типовими схемами електропередачі. Визначення реальної, фізично обгрунтованої ціни на електроенергію з визначенням впливу реактивного навантаження конкретного її споживача може розглядатися у якості базового системного розрахунку.

При цьому частина напруги втрачається в ЕМ, яку можна визначити за відомою формулою, кВ:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{P_p \cdot R_E + Q_{pд} \cdot X_E}{U_{НОМ}} \cdot 10^{-3} = \\ &= \frac{P_p \cdot R_E \cdot 10^{-3}}{U_{НОМ}} + \frac{Q_{pд} \cdot X_E \cdot 10^{-3}}{U_{НОМ}} = \Delta U_P + \Delta U_Q, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $P_p$  – розрахункова активна потужність електропередачі, кВт;  $Q_{pд}$  – діюче значення розрахункової реактивної потужності електропередачі, що визначається за формулою, квар:

$$Q_{pд} = \frac{WQ_p}{\sqrt{2} \cdot T_B}, \quad (2)$$

де  $WQ_p$  – виток реактивної електроенергії, зафіксований комерційним обліком електропередачі, квар-г;  $T_B$  – час тривалості розрахункового періоду, год.;  $R_E$  – активний еквівалентний опір електропередачі, приведений до її номінальної напруги  $U_{НОМ}$ , Ом;  $X_E$  – реактивний еквівалентний опір електропередачі, приведений до її номінальної напруги  $U_{НОМ}$ , Ом;  $\Delta U_P$  – втрати напруги електропередачі тільки від потужності її активного навантаження, кВ;  $\Delta U_Q$  – втрати напруги електропередачі тільки від потужності її реактивного навантаження, кВ.

Приймаючи за умовну одиницю  $\Delta U_P$ , рівняння (1) можна представити у відносних одиницях у вигляді, в. о.:

$$\Delta U^* = \frac{\Delta U_P}{\Delta U_P} + \frac{\Delta U_Q}{\Delta U_P} = 1 + \frac{X_E}{R_E} \cdot \text{tg} \varphi_{pд} = 1 + \alpha_M \cdot \text{tg} \varphi_{pд}, \quad (3)$$

де  $\alpha_M$  – характеристичний коефіцієнт ЕМ електропередачі, в. о.;  $\text{tg} \varphi_{pд}$  – діюче значення коефіцієнта реактивного навантаження електропередачі, в. о.:

$$\text{tg} \varphi_{pд} = \frac{Q_{pд}}{P_p}. \quad (4)$$

Залежність (3), у відсотках від  $\Delta U_P$ , представлено на рис. 1.

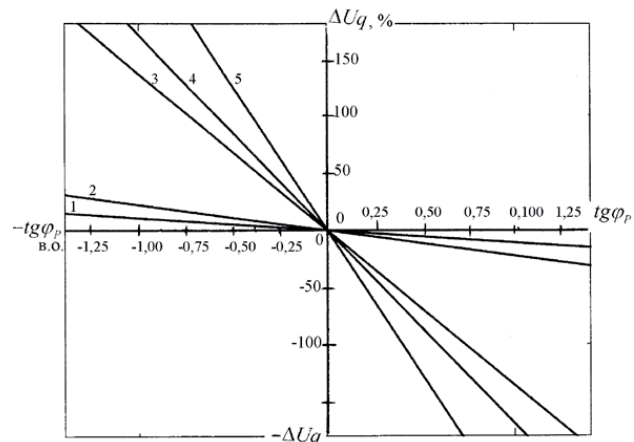


Рис. 1. Залежність  $\Delta U^* = f(\text{tg} \varphi_{pд})$ : 1 —  $U_{НОМ} = 0,38$  кВ; 2 —  $U_{НОМ} = 6,0$  кВ; 3 —  $U_{НОМ} = 10,0$  кВ; 4 —  $U_{НОМ} = 35,0$  кВ; 5 —  $U_{НОМ} = 110,0$  кВ

За рекомендацією [15], нормативне реактивне навантаження електропередачі конкретному споживачеві ЕЕ визначається коефіцієнтом реактивного навантаження його СЕП на рині  $\text{tg} \varphi_H = 0,25$  в. о. Очевидно, що таке значення має відповідати його середньо виваженому у розрахунковому періоді значенню, що відповідає діючому значенню реактивного навантаження споживача, в. о.:

$$\text{tg} \varphi_{pд} = \frac{WQ_p}{\sqrt{2} \cdot WP_p}, \quad (5)$$

де  $WQ_p$  – загальний виток реактивної електроенергії, врахованої комерційним обліком споживача у розрахунковому періоді, квар-г;  $WP_p$  – виток активної електроенергії, врахованої комерційним обліком споживача у розрахунковому періоді, кВт-г.

Загальний характеристичний коефіцієнт типової схеми електропередачі визначається за формулою, в. о.:

$$\alpha_{\Sigma n} = \sum_{i=1}^k \alpha_{Mi}, \quad (6)$$

де  $n$  – номер типової схеми електропередачі з табл. 1 в [9];  $k$  – кількість ділянок електропередачі з різною номінальною напругою, од.

З урахуванням (6), вплив принципової схеми електропередачі до СЕП конкретного споживача, що визначається за формулою (3) можна представити у вигляді, в. о.:

$$\Delta U^* = 1 + \alpha_{\Sigma n} \cdot \text{tg} \varphi_{pд}. \quad (7)$$

Вплив реактивного навантаження електропередачі на її активні втрати можна визначити наступним чином.

Як відомо, активні втрати в струмоведучих частинах будь-якої електропередачі від її навантаження визначається за відомою формулою, кВт:

$$\Delta P = \Delta P_p + \Delta P_q, \quad (8)$$

де  $\Delta P_p$  — активні втрати електропередачі від її активного навантаження, кВт:

$$\Delta P_p = \frac{P_p^2}{U_{НОМ}^2} \cdot R_E \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

де  $P_p$  — активне середньо виважене навантаження електропередачі у розрахунковому періоді, кВт:

$$P_p = \frac{WP}{T_B}, \quad (10)$$

де  $\Delta P_q$  — активні втрати ЕМ від її реактивного навантаження, кВт:

$$\Delta P_q = \frac{Q_{РД}^2}{U_{НОМ}^2} \cdot R_E \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

де  $Q_{РД}$  — реактивне середньо виважене навантаження електропередачі у розрахунковому періоді, що визначається за формулою (2), квар.

Приймаючи за умовну одиницю значення втрати потужності від активного навантаження, значення загальних активних втрати в струмоведучих частинах електропередачі у розрахунковому періоді можна представити у вигляді, в. о.:

$$\Delta P^* = \frac{\Delta P}{\Delta P_p} = \frac{\Delta P_p}{\Delta P_p} + \frac{\Delta P_q}{\Delta P_p} = 1 + \frac{Q_{РД}^2 \cdot R_E}{P_p^2 \cdot R_E} = 1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}, \quad (12)$$

звідки:

$$\Delta P_q^* = \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}, \quad \text{в. о.}, \quad (13)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_{РД}$  — діюче значення коефіцієнта реактивної потужності електропередачі, яке визначається за формулою (5), в. о.

При цьому значення  $\Delta P_q$  у відсотках втрат від активного навантаження складає, %:

$$\Delta P_q = 100 \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}. \quad (14)$$

Графічно, залежність (14) наведено на рис. 2. Як можна бачити коефіцієнт реактивного навантаження електропередачі можна використовувати у якості економічного критерію СЕП конкретних споживачів ЕЕ для контролю за активними втратами в електричних мережах ЕО від потужності їх реактивного навантаження у розрахунковому періоді.

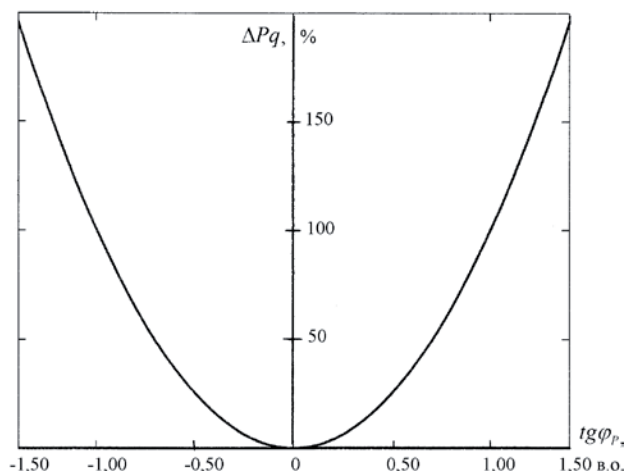


Рис. 2. Залежність  $\Delta P_q = f(\operatorname{tg} \varphi_{РД})$

Вплив реактивного навантаження електропередачі на її пропускну спроможність можна представити таким чином. Пропускна спроможність електропередачі визначається допустимим струмом провідності її струмоведучих частин за умовою нагрівання, який визначається повним навантаженням СЕП конкретного споживача ЕЕ. Без застосування пристроїв компенсації реактивного навантаження (ПКРН) воно визначається за відомою формулою, кВ·А:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_{РД}^2}, \quad (15)$$

де  $P_p$  — розрахункове активне навантаження системи, кВт;  $Q_{РД}$  — діюче значення розрахункового реактивного навантаження системи, квар.

Приймаючи у якості умовної одиниці значення  $P_p$ , формулу (14) можна представити у вигляді, кВА:

$$S_p = \sqrt{\left(\frac{P_p}{P_p}\right)^2 - \left(\frac{Q_{РД}}{P_p}\right)^2} = P_p \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}}. \quad (16)$$

При цьому, у відносних одиницях, можна одержати, в. о.:

$$S_p^* = \frac{S_p}{P_p} = \frac{P_p \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}}}{P_p} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}}. \quad (17)$$

Очевидно, що у залежності від величини  $\operatorname{tg} \varphi_{РД}$ , зменшення пропускну спроможності електропередачі можна представити у вигляді, в. о.:

$$\Delta S_p^* = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_{РД}} - 1. \quad (18)$$

Залежність (18), у відсотках від  $P_p$ , представлено на рис. 3.

Як можна бачити коефіцієнт реактивного навантаження електропередачі можна використовувати у якості економічного критерію СЕП конкретних споживачів ЕЕ для контролю за пропускну спроможністю електричних

мереж ЕО від потужності їх реактивного навантаження у розрахунковому періоді.

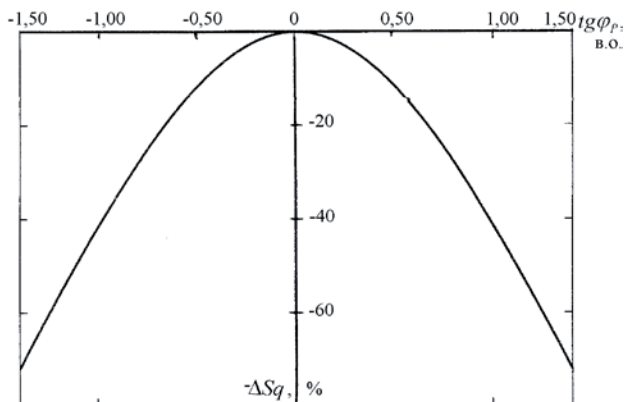


Рис. 3. Залежність  $\Delta S_p = f(\pm tg\varphi_p)$

Загальний вплив реактивного навантаження СЕП конкретного споживача на електропередачу пропонується визначати за допомогою розрахункового коефіцієнта, в. о.:

$$K_q = \frac{1 + \alpha_{\Sigma n} \cdot tg\varphi_{pд} + 1 + tg\varphi_{pд}^2 + \sqrt{1 + tg\varphi_{pд}^2}}{1 + \alpha_{\Sigma n} \cdot tg\varphi_H + 1 + tg\varphi_H^2 + \sqrt{1 + tg\varphi_H^2}} =$$

$$= \frac{2 + tg\varphi_{pд} + tg\varphi_{pд}^2 + \sqrt{1 + tg\varphi_{pд}^2}}{2 + 0,25 \cdot \alpha_{\Sigma n} + 0,25^2 + \sqrt{1 + 0,25^2}} =$$

$$= \frac{2 + \alpha_{\Sigma n} \cdot tg\varphi_{pд} + tg\varphi_{pд}^2 + \sqrt{1 + tg\varphi_{pд}^2}}{2 + 0,25 \cdot \alpha_{\Sigma n} + 0,25^2 + \sqrt{1 + 0,25^2}} =$$

$$= \frac{2 + \alpha_{\Sigma n} \cdot tg\varphi_{pд} + tg\varphi_{pд}^2 + \sqrt{1 + tg\varphi_{pд}^2}}{3,0933 + 0,25 \cdot \alpha_{\Sigma n}}, \quad (19)$$

де  $\alpha_{\Sigma n}$  — характеристичний коефіцієнт принципової типової схеми електропередачі з табл. 1 в [9], в. о.;  $n$  — порядковий номер типової схеми електропередачі зі згаданої табл. 1.

### 5. Обговорення результатів дослідження впливу реактивного навантаження СЕП на економічність електропередачі

Відомо, що напруга, як потенційна форма електроенергії в СЕП конкретного споживача перетворюється у кінетичну (що виконує корисну роботу) за допомогою електромагнітного поля такої системи, яке можна розглядати у якості її робочого інструменту у якому діють електричні сили Кулона і магнітні сили Кариоліса. Таким чином, створюється враження про те, ніби, одночасно діють два види енергії: електрична і магнітна.

При цьому, математичний формалізм, що панує сьогодні в електроенергетиці не дає змоги розуміння фізики реального процесу електропередачі. Так, наприклад, нормативний документ [11] стверджує, що споживачеві

передається електрична енергія, як товарна продукція електроенергетичної системи, двох видів — активна та реактивна. У відповідності з відповідними нормативними документами, за їх споживання споживачеві нараховується окрема плата. Аналогічний підхід до розуміння реактивної електроенергії є характерним і для зарубіжжя.

Залежно від принципової схеми електропередачі конкретному споживачеві, яка відповідає типовій схемі в роботі [9, табл. 2], встановлюється відповідний характеристичний коефіцієнт електропередачі, що характеризує її довжину. Такий коефіцієнт пропонується визначати за формулою, в. о.:

$$K_{CX} = e^{-A(1-n)}, \quad (20)$$

де  $A$  — коефіцієнт, який підбирається таким чином, щоб ціна на електроенергію для споживача з електропередачею за типовою схемою  $n = 11$  [9, табл. 2] відповідала ціні на електроенергію для споживачів 2-го класу  $ce_{02}$ , яка діє в Україні на момент розрахунку за умови  $tg\varphi_{pд} \leq tg\varphi_H$ , грн/кВт·г:

$$ce_{02} = ce_{01} \cdot K_{CX}, \quad (21)$$

де  $ce_{01}$  — базова (оптова) ціна на електроенергію для споживачів 1-го класу, грн/кВт·г.

Якщо згадана умова порушується  $tg\varphi_{pд} > tg\varphi_H$ , то споживачеві нараховується роздрібна ціна за формулою, грн/кВт·г:

$$ce_{03} = ce_{02} \cdot K_q. \quad (22)$$

Суть кібернетичного підходу до системного розрахунку ціни на електроенергію пояснює рис. 4.

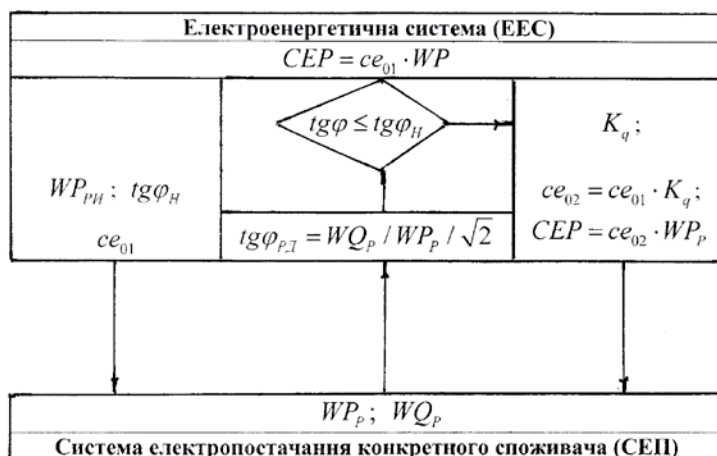


Рис. 4. Структурна схема системного розрахунку ціни на електроенергію

Розрахунок ціни на електроенергію у розрахунковому періоді для конкретного споживача виконується у такій послідовності.

1. За даними комерційного обліку електроенергії, споживач повідомляє розрахунковому відділу ЕО інформацію про виток активної і реактивної електроенергії у розрахунковому періоді.

2. За формулою (5) розрахунковий відділ визначає середньо визначене діюче значення коефіцієнта реактивного навантаження СЕП споживача  $\text{tg}\varphi_{\text{РД}}$ , в. о.

3. Якщо виконується умова  $\text{tg}\varphi_{\text{РД}} \leq \text{tg}\varphi_{\text{Н}}$ , то споживачеві виставляється базова (оптова) ціна на електроенергію, яка визначається за методикою, викладеною в [9] —  $ce_{01}$ , грн/кВт·г.

4. Якщо  $\text{tg}\varphi_{\text{РД}} > \text{tg}\varphi_{\text{Н}}$ , то за формулою (19), визначається коефіцієнт  $K_q$  і споживачеві виставляється роздрібна ціна на електроенергію, яку визначають за формулою  $ce_{02} = ce_{01} \cdot K_q$ , грн/кВт·г.

## 6. Висновки

У результаті проведених досліджень:

1. Розроблено методики визначення впливу реактивного навантаження СЕП конкретного споживача на рівень напруги його електропередачі збільшення її активних втрат та зменшення її пропускної спроможності.

2. З метою ефективного контролю за реактивним навантаженням СЕП конкретних споживачів необхідно ввести дві ціни на спожиту у розрахунковому періоді електричну енергію — оптову і роздрібну.

3. Якщо у розрахунковому періоді реактивне навантаження споживача не перебільшує його нормативне значення, яке контролюється значенням середньо виваженого коефіцієнта реактивного навантаження, то споживачеві виставляється оптова ціна на електроенергію, яка залежить від принципової схеми електропередачі від мереж системи з номінальною напругою 110 кВ (умовного «прилавку» Енергоринку України).

4. Якщо у розрахунковому періоді реактивне навантаження споживача перевищує його нормативне значення, яке контролюється значенням середньо виваженого коефіцієнта реактивного навантаження, то споживачеві виставляється роздрібна ціна на електроенергію, що визначається збільшенням оптової ціни у  $K_q$  разів для врахування економічного збитку ЕО від надлишкового реактивного навантаження СЕП конкретного споживача електроенергії.

## Література

- Сергеев, И. В. Экономика предприятия [Текст]: учебн. пос. / И. В. Сергеев. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 304 с.
- Ландау, Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика [Текст] / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука: Главная редакция физико-математической литературы, 1969. — 399 с.
- Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники [Текст]: учебник / Л. А. Бессонов. — 6-е изд. — М.: Высшая школа, 1973. — 752 с.
- Дорошенко, О. І. Щодо фізичної сутності реактивної електроенергії електроенергетичної системи [Текст] / О. І. Дорошенко // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. — 2006. — № 6. — С. 48–53.
- Карташев, И. И. Системный подход к управлению качеством электрической энергии [Текст] / И. И. Карташев, Д. С. Подольский // Электричество. — 2009. — № 5. — С. 2–7.
- Про затвердження Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства палива та енергетики України від 17.01.2002 № 19. — Режим доступу: \www/URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0093-02
- Денисович, К. Б. О рынке системных (вспомогательных) услуг [Текст] / К. Б. Денисович // Энергетика та електрифікація. — 2007. — № 2. — С. 10–14.
- Дорошенко, О. І. Чи варто платити за те, чого фізично існувати не може? [Текст] / О. І. Дорошенко, Д. С. Попов // Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. — 2010. — № 2. — С. 6–8.

- Дорошенко, О. І. Визначення базової (оптової) ціни на електроенергію для промислових споживачів [Текст] / О. І. Дорошенко, О. В. Романюк, С. А. Песков, С. О. Борисенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2015. — № 5/1 (25). — С. 35–39. doi:10.15587/2312-8372.2015.49134
- ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. — Минск: Издательство стандартов, 1998. — 31 с.
- СОУ-Н МПЕ 40.1.20.510.:2006. Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживача (основного споживача та субспоживача) [Текст]. — Київ, 2006. — 48 с.
- Веников, В. А. Моделирование энергетических систем [Текст] / В. А. Веников // Электричество. — 1971. — № 1. — С. 5–13.
- Дорошенко, О. І. Про економічний еквівалент реактивної потужності систем електропостачання [Текст] / О. І. Дорошенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — № 6/5(20). — С. 26–30. doi:10.15587/2312-8372.2014.29965
- Дорошенко, О. І. Про економічний еквівалент реактивної потужності систем електропостачання [Текст] / О. І. Дорошенко, С. О. Борисенко // Технологічний аудит та резерви виробництва. — № 2/1(22). — С. 27–32. doi:10.15587/2312-8372.2015.41407
- Методика визначення нераціонального (неефективного) використання паливно-енергетичних ресурсів [Тест] / Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. — Київ, 2009. — 117 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОЗНИЧНОЙ ЦЕНЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Опираясь на физику нормального режима электропередачи в статье предлагается новый, научно обоснованный, подход к определению розничной цены на электроэнергию для промышленных и приравненных к ним потребителей, при котором учитывается влияние реактивной нагрузки конкретного потребителя электроэнергии на экономику процесса передачи ему электроэнергии.

**Ключевые слова:** электроэнергия, электроснабжение, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность, цена на электроэнергию.

*Дорошенко Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, кафедра электропостачания та енергоменеджменту, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: dai1938@yandex.ua.*

*Песков Сергей Анатольевич, технічний директор, ПАТ «Енергопостачальна компанія Одесаобленерго», Одеса, Україна.*

*Сергати́й Андрій Миколайович, заступник комерційного директора по технічним питанням, ПАТ «Енергопостачальна компанія Одесаобленерго», Одеса, Україна.*

*Борисенко Светлана Александровна, керівник проектної групи, ПАТ «Енергопостачальна компанія Одесаобленерго», Одеса, Україна.*

*Дорошенко Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, кафедра электроснабжения и энергоменеджмента, Одесский национальный политехнический университет, Украина.*

*Песков Сергей Анатольевич, технический директор, ПАО «Энергоснабжающая компания Одессаобленерго», Одесса, Украина.*

*Сергати́й Андрей Николаевич, заместитель коммерческого директора по техническим вопросам, ПАО «Энергоснабжающая компания Одессаобленерго», Одесса, Украина.*

*Борисенко Светлана Александровна, руководитель проектной группы, ПАО «Энергоснабжающая компания Одессаобленерго», Одесса, Украина.*

*Doroshenko Oleksandr, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: dai1938@yandex.ua.*

*Peskov Sergey, PJSC «Power Supply Company Odessaoblenergo», Odessa, Ukraine.*

*Serhaty Andrey, PJSC «Power Supply Company Odessaoblenergo», Odessa, Ukraine.*

*Borisenko Svitlana, PJSC «Power Supply Company Odessaoblenergo», Odessa, Ukraine*